

PROYECTO MINA DE COBRE PANAMA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EsIA) CATEGORIA III

Informe Semestral de Restauración Ecológica

Compromisos de EsIA Aplicables	Periodo reportado	Elaborado por	Fecha de Emisión del Reporte
13230 13234 13237	Enero-Junio 2019	MINERA PANAMA S.A.	13/08/2019

CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO……………………………………………………………………..1
1. INTRODUCCIÓN….…………………………………………..……..………….....3
2. OBJETIVOS…………….………………………………………………..……........4
3. MATERIALES Y MÉTODO…………………….…………….….……………………….5
4. RESULTADOS…………….……….………………………………………..…....…..8
5. CONCLUSIONES……………………………………………………………………14
6. BIBLIOGRAFÍA……….………………………………………………….……...…….15
7. ANEXOS……………………….……………………………………….….……........17

ÍNDICE DE CUADRO

CUADRO 1. Evaluación anual de especies nativas resembradas en el 2018 en la parcela de restauración del Km19+700 del Pipeline.……………………………………………………..12

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Modelo de una parcela de 0.6 hectáreas demarcada en cuadrantes 20x20 m y 16 sub-cuadrantes de 5x5 m, codificados con sus respectivos números………………..…...5

FIGURA 2. Diagrama de disposición de plántulas sembradas en un cuadrante 20x20 metros en la parcela de restauración del Km19+700 del Pipeline ………….……………….......….6

FIGURA 3. Número de individuos sobrevivientes contabilizados durante el periodo de monitoreo (enero-junio 2019) …………………………………..…....….……………….10

FIGURA 4. Sobrevivencia de especies resembradas en la parcela de restauración en el año 2017………………...……………………………………………………………………….11

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Vivero de plantas nativas…………………………………………………………17

Cuadro 1. Tiempo y porcentaje de germinación de especies nativas producidas en el vivero………………………………………………………………………………………..20

ANEXO 2. Prueba de regeneración natural de plántulas, en el cuadrante con sustrato orgánico del bosque…………………………………………………………………………21

ANEXO 3. Plántulas de especies nativas producidas por germinación de semillas en el vivero………………...…………………………………………………………………...22

ANEXO 4. Actividades de restauración de especies nativas realizadas en en el vivero……………………………………………………………………………………..…23

1. INTRODUCCIÓN

La restauración ecológica es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad. Las intervenciones que se emplean en la restauración varían mucho de un proyecto a otro, dependiendo de la extensión y la duración de las perturbaciones pasadas, de las condiciones culturales que han transformado el paisaje y de las oportunidades y limitaciones actuales. La meta final del proceso no es recuperar integralmente el estado anterior al disturbio, pero si garantizar que las funciones y los procesos ecológicos sean similares al ecosistema original a través del tiempo (SERI 2004).

El éxito de la restauración de un bosque tropical se mide en la recuperación de la biodiversidad, la biomasa y la productividad primaria, la materia orgánica del suelo, la capacidad de almacenamiento del agua y el regreso de las especies raras que son claves para reestablecer la estructura y las funciones del ecosistema (Elliott, Blakesley y Hardwick, 2013).

El proceso de restauración ecológica suele ser muy dinámico e involucra adquirir información necesaria para la toma de decisión y el mejoramiento de metodologías aplicadas. Por tal razón, es importante el establecimiento de parcelas experimentales para desarrollar modelos de restauración que nos permitan garantizar que las funciones y los procesos ecológicos sean similares al ecosistema original a través del tiempo; y de gran interés resulta dar seguimiento a los monitoreos de las especies plantadas en el sitio, que permitan evaluar su desarrollo y evolución en respuesta de las condiciones climáticas y la composición del suelo que se presentan en el lugar.

Minera Panamá S.A. tiene como parte de sus compromisos ambientales la restauración de áreas dentro de la huella del Proyecto, la cual será ejecutada gradualmente durante el período de vida activa de la mina (aprox. 30 años), a medida que se culmine el trabajo del proyecto en áreas específicas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Cumplir con los compromisos establecidos en el EsIA Cat III, que aseguren el éxito de la restauración del Proyecto Mina de Cobre Panamá.

2.2. Objetivos Específicos

- Implementar el monitoreo (mortalidad, crecimiento y otros indicadores de las especies) de las parcelas establecidas.
- Realizar el mapeo de las especies dentro de las parcelas establecidas para su fácil ubicación.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Parcela de Restauración en el Pipeline Road, Km 19+700

3.1.1 Establecimiento

A principios del año 2017 se realizó el levantamiento de la información de la parcela de restauración en el área de la carretera del Pipeline (carretera de tuberías). La parcela de restauración se encuentra ubicada dentro del área de concesión del proyecto a orillas de la carretera de tuberías entre los 08̊ 53'27.4" Norte y 80̊ 38'42.4" Oeste. La parcela mide 0.6 hectáreas (100 metros de largo por 60 metros de ancho) y fue demarcada con ayuda de una brújula, estacones y cinta métrica para formar cada una de las subparcelas, delimitadas por tubos de PVC blanco en los vértices marcados de acuerdo con el sistema cartesiano de coordenadas. La parcela está conformada por tres fajas de 20 x 100 metros, cada una de las cuales contiene cinco cuadrantes de 20 x 20 metros, los cuales fueron numerados de acuerdo con la coordenada del vértice inferior izquierdo y en cada uno de estos cuadrantes se hicieron 16 subcuadrantes de 5 x 5 metros.

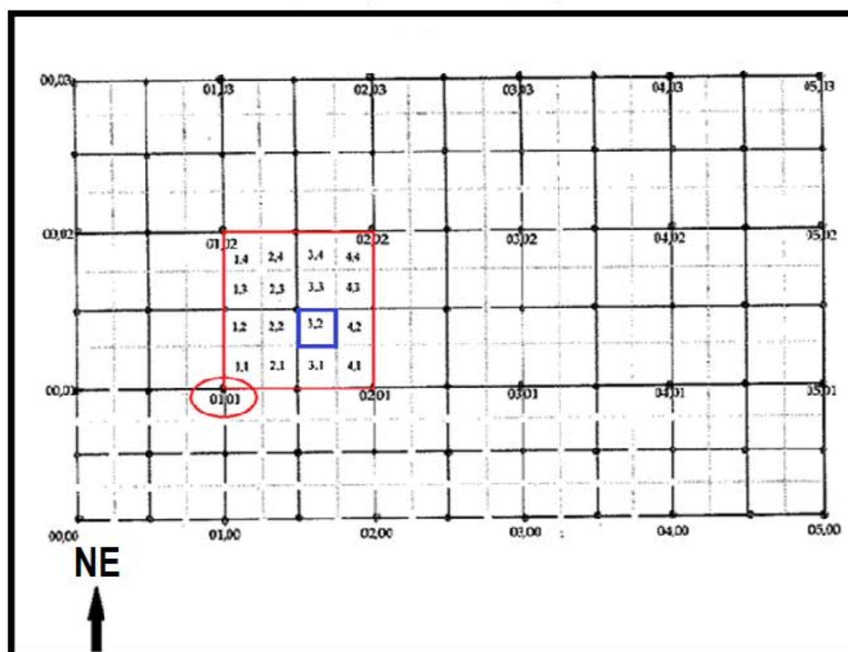


Figura 1. Modelo de una parcela de 0.6 hectáreas demarcada en cuadrantes 20x20 m (recuadro rojo) y 16 sub-cuadrantes de 5x5 m (recuadro azul), codificados con sus respectivos números. Nótese la numeración del cuadrante 20x20 m (círculo rojo), ubicada en el vértice inferior izquierdo.

3.1.2. Descripción

El suelo está compuesto de material de arcilla roja y rocas con un pH aproximado de 6.1, que fue medido con la ayuda de un potenciómetro marca KEL INSTRUMENTAL. El sitio cuenta con barreras de contención y canales de desague para evitar la erosión del suelo, de igual manera fue hidrosembrada con *Brachiaria decumbens* con el mismo propósito.

La vegetación remanente que se encuentra en la parte de atrás de la parcela comprende mayormente especies heliófitas poco duraderas como *Trema michranta, Ochroma pyramidale*, *Cecropia* sp., *Isertia haeckeana*, *Isertia laevi*, además de otras especies arbustivas de menor tamaño como *Solanum* sp. y *Piper auritum*. Todas estas especies son responsables de la regeneración natural registrada en los monitoreos.

La especies herbáceas y rastreras regeneradas registradas en la parcela comprenden *Licopodiella cernua, Cyperus luzulae, Mimosa pigra, Ludwigia octovalvis, Neurolaena lobata, Ipomoea* sp., y el helecho *Pityrogramma calomelanos*, entre otras.

Para la siembra se utilizó un distanciamiento específico de dos metros, esto, para dejar espacio para especies de crecimiento lento y de sotobosque que serán sembradas una vez las especies de crecimiento rápido estén establecidas.

Los individuos de diferentes especies fueron sembrados en línea perpendicular a la parcela, a una distancia de dos metros entre cada individuo. Cada línea de siembra tiene una distancia de dos metros de separación entre ellas (Figura 2). En cada línea, se encuentran sembrados plántulas de árboles y arbustos de forma homogénea.

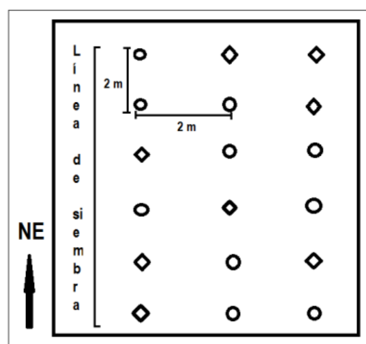


Figura 2. Diagrama de disposición de plántulas sembradas en un cuadrante 20x20 metros en la parcela de restauración del Km 19+700 de la carretera de tuberías. Nótese de la línea de siembra de forma vertical hacia el Noreste, según la disposición de la parcela. Los círculos representan las plántulas de árboles y los cuadros representan los arbustos, dispuestos en cada línea de siembra a dos metros de distancia.

3.1.3. Mantenimiento

Se les dio mantenimiento a los plantones, donde fue removido el remanente de hierba, y posteriormente; se realizó la aplicación de fertilizante a las plantas con abono foliar a base de aminoácidos y micronutriente.

3.1.4. Monitoreo

En este periodo se realizó el tercer monitoreo en la parcela (después de ser demarcada en cuadrantes), para determinar variables como la sobrervivencia, salud, altura, diámetro del cuello de raíz y ancho de copa, de aquellas plantas que fueron sembradas desde el año 2015 y aquellas resembradas en 2016, 2017 y 2018, que reemplazaron a aquellas plantas que murieron después de ser sembradas en 2015. También se registraron las plantas de regeneración natural. El monitoreo de esta parcela se realiza anualmente.

Las especies que resultaron muertas al momento de realizar el monitoreo de este año, fueron reemplazadas por plántulas de la misma especie provenientes del vivero. Las plantas muertas fueron contabilizadas y registrada en la base de datos para el posterior cálculo de sobrevivencia.

Las plantas fueron rotuladas utilizando placas de aluminio; marcando un código de seis letras en mayúsculas que comprende las tres primeras letras del género y las tres primeras letras de la especie. Además, se registró un código que comprende el número de la planta, el número del cuadrante 20 x 20 m y el número del subcuadrante 5 x 5 m donde está ubicada dicha planta.

3.2. Registro de la Información y Análisis

La información registrada de crecimiento, mortalidad y regeneración natural en la parcela de restauración se ingresaron en la base de datos (Access Microsoft) para su posterior análisis.

El análisis de la sobrevivencia y mortalidad de cada especie nos permite identificar especies que son más aptas para ser utilizadas en los programas de restauración; y si es

necesario, aplicar técnicas adicionales para mejorar su desarrollo desde la etapa de germinación y mantenimiento en el vivero, y posteriormente en las parcelas de restauración.

Para la selección de plantones adecuados se tomaron tres criterios según Elliott, Blakesley y Hardwick, 2013:

Categoría 1: las plantas que quedadon por debajo de la mayoría o de todos los estándares mínimos aceptables fueron consideradas como especies deficientes o no aceptables. Estas especies no se descartarán del proyecto de restauración, pero se les dará un seguimiento más riguroso para lograr mejorar su rendimiento en las parcelas de restauración.

Categoría 2: las plantas que excedieron algunos de los estádares mínimo aceptables, pero quedaron por debajo de otros, o quedaron por debajo de varios estándares por un margen pequeño, fueron consideradas como especies marginales. Estas especies se someterán a investigación para mejorar su rendimiento.

Categoría 3: Las plantas que excedieron en gran proporción a la mayoría de todos los estádares mínimos fueron consideradas como especies aceptables, y por ende, adecuadas para utilizar en futuras plantaciones.

Los estándares aceptables para las plantas fueron: tener una tasa de subrervivencia de más del 50%, y que tanto la altura como el ancho de copa hayan excedido más del doble luego de 12 meses de haberse plantado.

4. RESULTADOS

4.1. Monitoreo en la parcela del Km 19+700 del Pipeline

Desde el año 2017 en que fue levantada la información sobre las plantas sembradas en la parcela de restauración, hasta la fecha, se han realizado tres (3) monitoreos. En cada monitoreo se ha registrado individuos de especies nativas que habían sido sembrados desde el año 2015, y posteriormente, aquellos individuos resembrados en el año 2016, 2017 y 2018, que reemplazaron aquellos individuos muertos de especies plantadas en el 2015.

Además, se ha reportado las especies de regeneración natural (reclutas), que han surgido producto de la vegetación que rodea la parcela de restauración.

4.1.1. Análisis de sobrevivencia

En el monitoreo de este año se contabilizó la pérdida de 235 individuos, lo que corresponde al 24 % de las plantas sembradas en la parcela, además de tres individuos nuevos de regeneración natural que fueron identificados para este monitoreo del 2019. Todas las plantas sembradas desde 2015 y posteriormente resembradas desde el 2016 hasta el 2018, que se identifican que han muerto son reemplazadas y anotadas en la base de datos, para llevar un registro para su seguimiento el próximo monitoreo.

Actualmente, dos parcelas (parcela de restauración 2.5 y la parcela de restauración del Km 19 del Pipeline Road) de las cinco parcelas de restauración existentes, están parceladas (divididas en cuadrantes y levantada su información) y bajo monitoreo anual.

Las especies que marcaron mayor cantidad de individuos muertos para este periodo fueron aquellas resembradas en el 2018 (Figura 3). La mortalidad de plantones refleja las condiciones propias del suelo arcilloso rojo presente en la parcela de restauración. El suelo arcilloso rojo se caracteriza por contener un pH ácido que dificulta la absorsión de nutrientes a través de las raíces de las plantas.

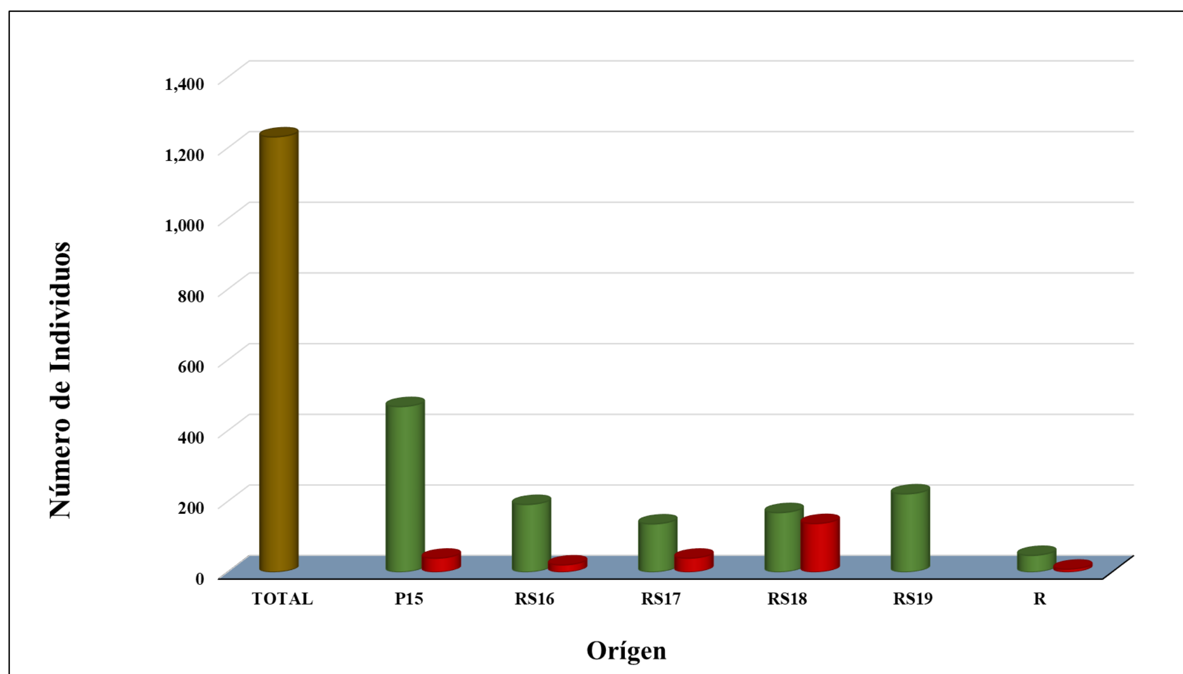


Figura 3. Número de individuos sobrevivientes contabilizados durante este periodo de monitoreo. En el gráfico se muestra el total de plantas contabilizadas en este periodo (barra marrón) y la mortalidad de individuos (barras rojas). **P15=** corresponde a plantas sembradas en el año 2015, **RS16**= corresponde a plantas resembradas en el año 2016, **RS17**= corresponde a plantas resembradas en 2017, **RS18**= corresponde a plantas resembradas en 2018, **R**= regeneración natural.

4.1.1.1. Sobrevivencia de especies de plantas resembradas en el año 2017

En la figura 4 se muestra el número de individuos sobrevivientes de 12 especies resembradas en el año 2017 (RS17). La gráfica refleja sólo la sobrevivencia de estos individuos a partir del año 2017, ya que, a partir de ese año, fueron reemplazados individuos muertos provenientes de 2015, 2016, 2017 y 2018, con individuos de la misma especie.

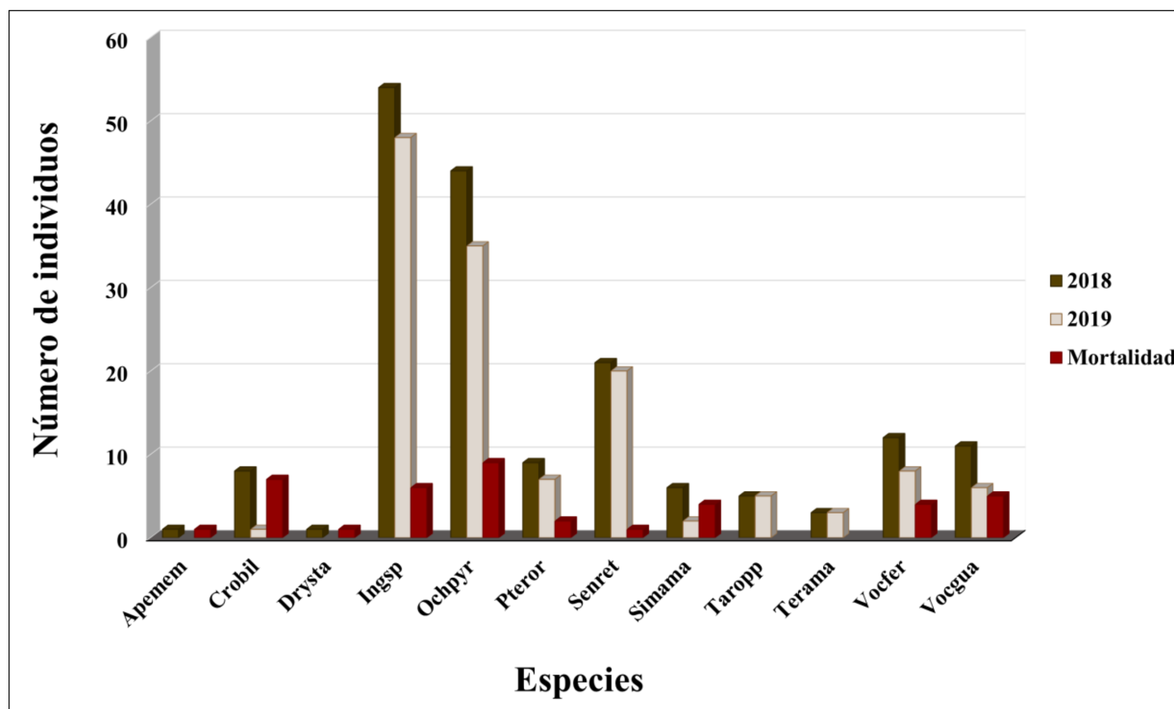


Figura 4. Sobrevivencia de especies resembradas en la parcela de restauración en el año 2017.

Las especies que marcaron el mayor número de sobrevivencia durante este periodo fueron *Inga* sp. (Ingsp), *Ochroma pyramidale* (Ochpyr), *Pterocarpus rhorii* (Pteror), *Senna reticulata* (Senret), *Taralea oppositifolia* (Taropp) y *Terminalia amazonia* (Terama), mientras que especies como *Apeiba membranacea* (Apemem), *Croton billbergianus* (Crobil) y *Drypetes standleyi* (Drysta), tuvieron pocos individuos sobrevivientes para este año 2019 (Cuadro 1).

4.1.2. Evaluación de especies nativas resembradas en el 2018 en la parcela de restauración; según Elliott, Blakesley y Hardwick, 2013.

El análisis de evaluación nos permite determinar el desempeño de una especie después de un año de ser plantada en la parcela de restauración. La evaluación determinó que siete especies en total marcaron un buen desempeño en la parcela, tales como: *Cecropia* sp., *Cedrela tonduzii, Cespedesia spathulata, Inga* sp., *Senna reticulata, Terminalia amara* y *Vochysia ferruginea* (Cuadro 1). Especies como *Abarema adenophora, Simarouba amara* y *Trichospermum galeottii*, a pesar de marcar un alto porcentaje de sobrevivencia en la

parcela, mostraron una baja tasa de crecimiento. Por otra parte, *Apeiba membranacea* y *Ochoma pyramidale*, mostraron porcentajes bajos de sobrevivencia; mientras que, especies como *Couratari guianensis*, *Couma macrocarpa*, entre otras, no se encontraron dentro de los estándares aceptables según el análisis de Elliott, Blakesley y Hardwick, 2013. Estas especies, son evaluadas rigurosamente en el vivero con el objetivo de mejorar su rendimiento en las parcelas. Esto se puede lograr aplicando técnicas como: *a)* mejorar las condiciones del sustrato; aumentando la frecuencia de adición de nutrientes, *b)* aumentar la frecuencia de la aplicación de nematicida y fungicida contra los patógenos; *c)* optimizar el pH del suelo tanto del que se prepara en el vivero como también del suelo en las parcelas (se logra con la aplicación de hidróxido de calcio), para facilitar la absorción de los nutrientes en las plantas; *d)* intensificar, tanto en el vivero como en la parcela, las técnicas de desarraigue de malezas (Elliott, Blakesley y Hardwick 2013), entre otras.

También se debe seguir revisando fuentes de información sobre otras especies nativas en el proyecto y recolectar semillas y plántulas de estas especies nativas que aun no han sido probadas, para las actividades de restauración de futuras parcelas.

Cuadro 1. Evaluación anual de especies nativas resembradas en el 2018 en la parcela de restauración Km 19+700 del Pipeline

Especie	**Sobrevivencia (%)**	**Altura promedio (cm)**	**Ancho de copa promedio (cm)**	**Acción**
Abarema adenophora	60	31.4	24.7	Seguir investigando para mejorar su crecimiento
Apeiba membranacea	40	53.2	15.8	Seguir investigando para mejorar su sobrevivencia
***Cecropia* sp.**	100	99	25.5	Aceptable
Cedrela tonduzii	100	95	60	Aceptable
Cespedesia spathulata	88.9	34.2	14.2	Aceptable
Couratari guianensis	40	33.2	9.5	Deficiente

Especie	Sobrevivencia (%)	Altura promedio (cm)	Ancho de copa promedio (cm)	Acción
Couma macrocarpa	43.8	39	7	Deficiente
Croton billbergianus	16.2	32.5	8.7	Deficiente
Drypetes standleyi	20	46	30	Deficiente
***Inga* sp.**	71.4	61.7	33.9	Aceptable
Ochoma pyramidale	48.9	71.8	43.2	Seguir investigando para mejorar su sobrevivencia
Senna reticulata	100	93.3	32	Aceptable
Simarouba amara	62.9	27.1	6.7	Seguir investigando para mejorar su crecimiento
Terminalia amara	85.7	37.8	22.6	Aceptable
Trichospermum galeottii	58.3	38.4	9.8	Seguir investigando para mejorar su crecimiento
Vochysia ferruginea	64.7	43.7	13.6	Aceptable
Vochysia guatemalensis	41.7	44	20	Seguir investigando para mejorar su crecimiento y sobrevivencia

6. CONCLUSIONES

1. Para este periodo de monitoreo (enero-junio 2019) en la parcela del Km 19+700, se contabilizó una tasa de mortalidad del 24 % del total de las plantas sembradas en la parcela, representadas mayormente por aquellas resembradas en el 2018; mientras que, 11 especies marcaron el mayor porcentaje de sobrevivencia en la parcela, entre ellas: *Inga* sp., *Ochroma pyramidale*, *Pterocarpus rhorii*, *Senna reticulata*, *Taralea oppositifolia* y *Terminalia amazonia.*

2. El análisis de evaluación anual para las especies resembradas en 2018, determinó que las especies *Cecropia* sp., *Cedrela tonduzii*, *Cespedesia spathulata*, *Inga* sp., *Senna reticulata*, *Terminalia amara* y *Vochysia ferruginea*, son aptas para resturar futuras parcelas dentro del proyecto.

7. BIBLIOGRAFÍA

CTF. 2018. Trees, Shrubs, and Palms of Panama. http://ctfs.si.edu/webatlas/maintreeatlas.php. Consultado en diciembre, 2018.

Elliott, S. D., D. Blakesley y K. Hardwick, 2013. Restauración de Bosques Tropicales: un manual práctico. Royal Botanic Gardens, Kew; 344 pp.

Gentry, A.H. 1993. A Fiel Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwesdt South America (Colombia, Ecuador, Peru): With Supplementary Notes on Herbaceous Taxa. Chicago: The Univertiy of Chicago Press; 895 pp.

Guariguata, M. R. y R. Ostertag, 2002. Sucesión secundaria. En: Guariguata, M. R. y G. Kattán (Editores). Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. Cartago: Libro Universitario Regional; 691 pp.

Hammel, B.E.; Grayum, M.H.; Herrera, C. y N. Zamora. 2010. Manual de Plantas de Costa Rica. Volumen V: Dicotiledóneas (Clusiceae-Gunneraceae). St. Louis, Missouri: Botanical Garden Press; 970 pp.

Hammel, B.E.; Grayum, M.H.; Herrera, C. y N. Zamora. 2007. Manual de Plantas de Costa Rica. Volumen V: Dicotiledóneas (Haloragaceae-Phytolaccaceae). St. Louis, Missouri: Botanical Garden Press; 932 pp.

Nepstad, D. C., Uhl, C., C. A. Pereira y J. M. Cardoso da Silva, 1996. A Comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of Eastern Amazonia. Oikos 76:25-39.

Pérez, R. 2008. Árboles de los Bosques del Canal de Panamá. Panamá: Boski S.A.; 466 pp.

SER 2004. *Principios sobre SER International* sobre la restauración ecológica SER (*Society for Ecological Restoration International* – Sociedad Internacional para la

Restauración Ecológica). Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas (Versión 2: octubre de 2004).

Flora Mesoamericana. 2018. http://www.tropicos.org/Project/FM. (Accesado en diciembre 2018).

Missouri Botanical Graden-Base de Datos MPSA. 2018. http://www.tropicos.org/Project/MPSA. (Accesado en diciembre 2018).

Warwood, N.C. 1999. Seedlings of Barro Colorado Island and the Neotropic. London: Cornell University Press; 645 pp.

Woodson, R.E. y R.W. Schery. 1980. Flora de Panamá. St. Louis, Missouri: Botanical Garden Press; 7396 pp.

8. ANEXOS

Anexo 1. Vivero de plantas nativas

1. Colecta de semillas y plántulas

Para la recolecta de material genénetico (plántulas y semillas), que se utilizan en el proceso de restauración ecológica, se realizaron giras de campo donde se extrajeron plántulas, semillas y muestras para la identificación taxonómica de árboles y arbustos de especies de sombra y de especies pioneras dentro del área del proyecto. Las especies fueron identificadas utilizando claves taxonómicas como la Flora de Costa Rica (Hammel et. al, 2010; 2007), Flora de Panamá (Woodson y Schery, 1980), Flora Mesoamericana (http://www.tropicos.org/Project/FM, 2019), y fueron corroboradas con la ayuda de la Base de Datos de Trópicos del Missouri Botanical Garden (http://www.tropicos.org/Project/MPSA, 2019), y del Centro de Ciencias de Bosques tropicales (CTFS, por sus siglas en inglés: http://ctfs.si.edu/webatlas/maintreeatlas.php, 2019), como también guías de campo (Gentry, 1993) y libros de texto (Warwood, 2009; Pérez, 2008), referentes a la flora nativa de Panamá, específicamente, del área de la Vertiente del Caribe.

a) Semillas: se utilizaron varas de colecta para poder alcanzar los frutos de árboles altos. Las mismas fueron separadas y guardadas en bolsas de papel con los datos de registro del árbol.

b) Plántulas: se colectaron dentro del bosque o áreas abiertas y se trasladaron al vivero para su posterior siembra. Esta es una alternativa viable para lograr la reproducción de algunas especies cuyas semillas son difíciles de colectar o germinar.

2. Producción y Manejo en el Vivero

Desde inicio del programa de restauración en el año 2014, se han producido en el vivero un total de 68,588 plántulas correspondiente a 88 especies, pertenecientes a 35 familias, estas plantas fueron colectadas, tanto en semillas o como plántulas, tanto en áreas abiertas (especies pioneras) como boscosas. Actualmente, en las instalaciones del vivero se han construido cámaras con plástico de invernadero para aclimatar las plántulas que son

traídas del bosque y aquellas provenientes de la germinación de semillas en las camas de arena. Las camas de arena para la germinación de semillas, fueron contruidas utilizando como sustrato arena de río previamente esterilizada con la aplicación de nematicida y fungicida (Anexo 3).

El suelo utilizado en el vivero para la siembra de plántulas que se extraen del campo y aquellas provenientes de la germinación de las semillas en las camas de arena, comprende suelo de aluvión mesclado con arena de río en una proporción de 3:1 (aluvión: arena), luego es esterilizado con nematicida y fungicida; que se deja en reposo por una semana antes de ser utilizado para la siembra.

La finalidad de las cámaras de invernadero en el vivero es la de mantener la temperatura y humedad óptima, para incrementar el desarrollo y crecimiento radicular de los plantones, y, además, para evitar el ataque de plagas. De esta forma se logra mejorar la calidad y resistencia de estas plantas al momento de ser sembradas en las parcelas de restauración. Dichas cámaras de invernadero también aceleran la velocidad de germinación de las semillas en las camas de germinación.

Las plantas fueron propagadas utilizando un sistema de raíz dirigida, basado en tubetes de varias dimensiones, los cuales favorecen el crecimiento de las raíces y aseguran la sobrevivencia de cada una de las plantas.

Las plántulas provenientes de la germinación de las semillas en las cámaras de arena, se sembraron en los tubetes y permanecieron en áreas de sombra dentro del vivero por un tiempo aproximado de tres semanas (Anexo 2), luego fueron pasadas al sol de forma paulatina, en donde pasaron el tiempo requerido que le permitiera completar su aclimatación antes de ir a las parcelas. Las plantas que salgan al campo deben tener entre 10 y 50 cm de altura, con un alto nivel de desarrollo radicular, foliar y del tallo, que les permita resistir las condiciones ambientales existentes en las parcelas.

Las plantas fueron podadas cada cierto tiempo (2-4 semanas), tanto las que permanecen dentro del vivero como la que están expuestas al sol. La poda de las plántulas consiste en remover aquellas hojas secas y con presencia de patógenos (hongos, bacterias y virus), para evitar contaminar el resto de las plantas. Esta operación se realizó a primeras horas de la mañana, a media tarde o en días nublados; con el cuidado de evitarle a la planta un estrés a causa de la luz directa del día.

3. Germinación de semillas

Las pruebas de germinación nos permiten responder preguntas básicas como cuántas semillas germinan (tasa de germinación) y cuánto tardan (latencia). Ambos parámetros se pueden usar e incluso manipular cuando se planifica el crecimiento de una cantidad suficiente de árboles jóvenes para un tiempo específico de plantación.

Para este periodo se pusieron a germinar semillas de tres especies pioneras en camas de arena: *Ochroma pyramidale, Trichospermum galeottii*, y dos especies de sombra: *Ficus pertusa* y *Aspidosperma spruceanum*. También la especie *Ormosia macrocalyx*, especie de sombra, cuyas semillas fueron sembradas en tubetes con suelo de aluvión. Las semillas de las cinco especies se pusieron a germinar sin la aplicación de tratamientos pregerminativos (Anexo 2).

El procentaje de germinación fue variable para las cinco especies analizadas (Cuadro 1). Las especies con mayor porcentaje de germinación fueron *Ochroma pyramidale* y *Aspidosperma spruceanum*, a pesar, de que las semillas de esta especie tuvieron un tiempo largo de latecia (30 días), mientras que, las especies *Ormosia macrocalyx* y *Trichospermum galeottii* marcaron un porcentaje de germinación bajo.

Cuadro 1. Tiempo y porcentaje de germinación de especies nativas producidas en el vivero

Especie	Código de grupo	Sustrato de germinación de semillas	Tiempo en germinar (Días)	Porcentaje de germinación
Ochroma pyramidale	Ochpyr_II2	Arena de río previamente esterilizada	5	4%
Ormosia macrocalyx	Ormmac_PP2	Suelo de aluvión sin esterilizar	82	2.8%
Trichospermum galeottii	Trigal_JJ2	Arena de río previamente esterilizada	11	0.38%
Ficus pertusa	Ficper_ÑÑ1	Micorriza	37	*No se puede determirar
Aspidosperma spruceanum	Aspspr_WW1	Arena de río previamente esterilizada	30	6.40%

***** La especie *Ficus pertusa* posee semillas muy pequeñas, lo que dificulta su contabilidad y, por consiguiente, no es posible obtener el porcentaje de germinación.

Anexo 2. Prueba de regeneración natural de plántulas, en el cuadrante con sustrato orgánico del bosque

En en el mes de septiembre de 2017 se realizó una prueba que consistío en rellenar un área de 20 x 20 metros con una capa de aproximadamente 15 cm de grosor de materia orgánica de hojarasca y suelo proveniente del bosque adyacente a la parcela. Esta prueba prentende comparar la velocidad de regeneración de ésta área, con el resto del área restaurada por siembra de plantones provenientes del vivero.

Para este periodo se realizó el segundo año de monitoreo donde fueron contabilizadas nuevas plántulas de regeneración natural encontradas en el cuadrante. Se registraron un total de 77 plantas, repartidas en 11 especies y 10 familias (Cuadro 1). De estas especies cuatro son especies de bosque (crecimiento lento) tales como: *Ficus* sp., *Guatteria rotundata* y *Miconia* sp., entre otras; siete son especies pioneras (heliófitas), tales como *Cecropia* sp., *Bellucia pentamera*, *Ochroma pyramidale*, *Isertia laevis*, etc. Estas plantas serán evaluadas anualmente para determinar su sobrevivencia.

Cuadro 1. Especies de regeneración natural registradas en el cuadrante con sustrato orgánico del bosque.

Especie	**No. de individuos**	**No. de individuos**
Bellucia pentamera	Melastomataceae	28
Cecropia sp.	Cecropiaceae	6
Ficus sp.	Moraceae	2
Guatteria rotundata	Annonaceae	1
Isertia laevis	Rubiaceae	4
Miconia sp.	Melastomataceae	4
Ochroma pyramidale	Malvaceae	1
Piper auritum	Piperaceae	14
Desconosido	Rubiaceae	5
Trema michranta	Cannabaceae	1
Vismia macrophylla	Hipericaceae	10
Desconosido		1

Anexo 3. Plántulas de especies nativas producidas por germinación de semillas en el vivero



A. Plántulas de *Ficus pertusa*. **B.** Plántulas de *Ochroma pyramidale*. **C.** Plántulas de *Aspidosperma spruceanum*. **D.** Plántulas de *Ormosia macrocalyx*.

Anexo 4. Actividades de restauración de especies nativas realizadas en en el vivero



A. Selección de grupos de plántulas en el vivero para aplicación de fertilizantes **B.** Conteo de semillas para poner a germinar en el vivero. **C.** Aplicación de fertilizantes a las plántulas. **D.** Construcción de nuevas camas de arena para germinación de semillas.